

Таким чином, запропоновані нами формули дозволяють обчислювати зміну температури по довжині гілок розгалужених теплових мереж при однаковому зниженні розрахункового опалювального навантаження будівель з достатньою для інженерної практики точністю. Встановлено, що зменшення навантаження системи опалення будівель обумовлює зниження температури теплоносія в теплових мережах і при двоступінчастих схемах приєднання водопідігрівних установок гарячого водопостачання веде до зменшення теплової продуктивності теплообмінних апаратів першого ступеня.

- 1.Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов. – М.: Энергия, 1979. – 360 с.
- 2.Концепция оценки технического состояния городских инженерных систем и электрического транспорта г. Харькова / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Н.А. Шульга, В.А. Ткачев, В.Ф. Далека // Коммунальное хозяйство городов: Науч-техн. сб. Вып. 73. – К.: Техніка, 2007. – С .131-134.
- 3.Алексахин А.А. Определение охлаждения теплоносителя в трубопроводах тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч-техн. сб. Вып. 74. – К.: Техніка, 2006. – С.349-355.
- 4.Алексахин А.А., Углов В.И. Оценка точности расчетного определения температуры теплоносителя в обратном трубопроводе тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч-техн. сб. Вып. 79. – К.: Техніка, 2007. – С.251-254.
- 5.Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П. Теплоснабжение. – М.: Высш. шк., 1980. – 408 с.
- 6.Тепловая изоляция / Под. ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1995. – 421 с.

*Отримано 01.09.2011*

УДК 697.328

Б.М.ФЕДЯЙ, Д.В.ГУЗИК, кандидати техн. наук

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕГРІВАННЮ ТВЕРДОПАЛИВНИХ КОТЛІВ**

Запропоновано методику визначення об'єму теплоакумуючої ємності, який забезпечує термічний захист поверхонь нагрівання твердопаливних котлів в умовах обмеженого об'єму котельного залу.

Предложена методика определения объема теплоаккумулирующей емкости, который обеспечивает термическую защиту поверхностей нагревания твердоотопливных котлов, в условиях ограниченного объема котельного зала.

The method of volume determination of storage tank which provides thermal protection of heating solid-propellant boilers surfaces is offered in the article in the conditions of the limited volume of boiler hall.

*Ключові слова:* теплоакумуюча ємність, перегрівання котла, термічний захист, поверхня нагрівання, твердопаливний котел, котельний зал.

Монополізація ринку природних енергоносіїв спричиняє постійне їх подорожчання, що змушує споживачів шукати і використовувати для виробітку теплової енергії альтернативні джерела енергії. Це зумовлює повернення до більш широкого застосування в системах децентралізованого теплопостачання побутового сектору та сільського господарства твердопаливних котлів [1], які в якості палива використовують вугілля або поновлювальні джерела енергії – деревину, пелети, тирсу.

Робота сучасних систем опалення характеризується високим рівнем автоматизації процесу керування параметрами мікроклімату в приміщенні, яке опалюється. Наприклад, системи створення та управління мікрокліматом в приміщенні крільчатнику працюють у змінному режимі, що зумовлено циклічним характером поведінки кролів протягом доби та всього періоду вирощування. У випадку застосування повітряної системи опалення крільчатнику, це зумовлює подачу протягом доби змінної кількості повітря і, як наслідок, призводить до коливань теплового навантаження на котел. В твердопаливних котлах на відміну від газових не має можливості модульованої зміни подачі палива на котел залежно від теплового навантаження, тому виникає потреба у скиданні надлишкової теплової енергії, яка продовжує виділятися в топці в процесі горіння завантаженого твердого палива. Провідні виробники котельної техніки Herz, Buderus та ін. пропонують поглинати надлишкову теплову енергію об'ємом води в буферній ємності [2, 3]. При цьому об'єм буферної ємності визначається виходячи з теплового балансу об'єму води в ній. Тобто кількість теплової енергії, яка виробляється з одного разового завантаження твердого палива витрачається на нагрівання об'єму води  $V_{pu}$  від температури  $\vartheta_{pu\min}$  до температури  $\vartheta_{pu\max}$ . Виходячи з цього рівняння теплового балансу води в буферній ємності має вигляд, наведений в [2, 4]:

$$Q_k' \cdot b_k = V_{pu} \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{pu\max} - \vartheta_{pu\min}), \quad (1)$$

де  $Q_k'$  – теплопродуктивність котла, Вт;  $b_k$  – тривалість горіння при номінальній продуктивності котла, с;  $V_{pu}$  – об'єм води в буферній ємності, м<sup>3</sup>;  $c_w$  – питома теплоємність води, кДж/(кг·°C);  $\rho_w$  – густина води в буферній ємності, кг/м<sup>3</sup>;  $\vartheta_{pu\max}$ ,  $\vartheta_{pu\min}$  – відповідно максимальна температура води на виході з буферної ємності та мінімальна температура води на вході до неї, °C.

Тоді з рівняння (1), згідно з [2], об'єм буферної ємності визначається за формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{pu} = 13,5 \cdot Q_k \cdot b_k, \quad (2)$$

де 13,5 – коефіцієнт, значення якого визначається відношенням  $1/(V_{pu} \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{putax} - \vartheta_{putin}))$ .

Залежність (2) наведена в роботі [2] є не досить коректною, оскільки такий варіант визначення об'єму буферної ємності для котла потужністю 100 кВт передбачає приріст середньої температури води в ній, за час згорання разового завантаження палива, на  $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$ , що не відповідає дійсності. Крім того більш коректним в якості початкової температури, замість  $\vartheta_{putin}$ , приймати температуру  $\vartheta_{pusp}$ , яка дорівнює,  $^\circ\text{C}$ :

$$\vartheta_{pusp} = (\vartheta_{putax} + \vartheta_{putin}) / 2. \quad (3)$$

Рекомендації щодо підбору буферної ємності для термічного захисту твердопаливних котлів в нормативних документах [4-6] відсутні, а існуючі “негласні” рекомендації мають узагальнений характер і пропонують визначати об'єм буферної ємності виходячи з 50 л води на 1 кВт встановленої теплової потужності котла. Це призводить до необхідності встановлення громіздкого обладнання значного об'єму, що викликає складнощі у випадку реконструкції існуючої котельні з обмеженим внутрішнім об'ємом котельного залу.

В той же час вирішенням проблеми може бути визначення висоти прошарку завантаженого в топку котла палива, при якій акумулюючої маси води в буфері визначеного об'єму буде достатньо для поглинання надлишково виробленої в котлі теплової енергії.

Метою даного дослідження є розробка методики визначення висоти прошарку палива на колосниковій решітці котла, при якій буде забезпечено термічний захист поверхонь нагрівання котла за умови наявної буферної ємності зменшеного об'єму.

Розглянемо в якості об'єкту досліджень твердопаливний котел тепловою потужністю 100 кВт, який в якості основного виду палива використовує вугілля. Схему топку котла наведено на рис.1.

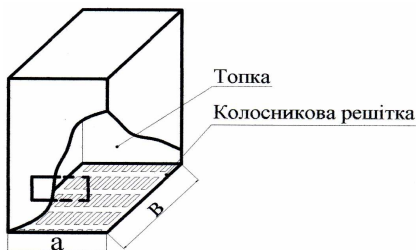


Рис.1 – Схема топку твердопаливного котла

Якщо теплотворна спроможність вугілля становить 6000 Ккал/нм<sup>3</sup>, коефіцієнт корисної дії котла – 80%, то для виробітку 100 кВт теплової енергії протягом години необхідно спалити 18 кг палива. В приміщенні котельні встановлено бак ємністю 1,5 м<sup>3</sup>. За відомих геометричних розмірів  $a$  і  $b$  колосникової решітки котла (рис.1) висота прошарку палива  $h$  визначатиметься за формулою, м

$$h = \frac{Q'_k \cdot 1000 \cdot \tau}{1,163 \cdot Q_p^H \cdot \eta \cdot \rho_n \cdot a \cdot b} = \frac{B_p \cdot \tau}{\rho_n \cdot a \cdot b}, \quad (4)$$

де  $\tau$  – тривалість горіння разового завантаження палива, кількість якого відповідає номінальній теплопродуктивності,  $\tau = 1$  год;  $Q_p^H$  – нижча теплотворна спроможність палива, Ккал/(нм<sup>3</sup>);  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії котла, в долях одиниць;  $\rho_n$  – насипна густина палива, кг/м<sup>3</sup>;  $B_p$  – годинна витрата палива на котел, кг/год.

Тоді теплопродуктивність котла можна визначити за формулою, кВт

$$Q'_k = \frac{h \cdot 1,163 \cdot Q_p^H \cdot \eta \cdot \rho_n \cdot a \cdot b}{1000 \cdot \tau}. \quad (5)$$

Як було зазначено раніше, призначення буферної ємності – термічний захист поверхонь нагрівання котла протягом разового завантаження палива при зменшенні споживання теплової енергії споживачем. Найгіршим випадком є відсутність відбору теплової енергії з контуру “котел - буферна ємність”, який спостерігається, коли система теплопостачання споживача протягом певного часу працює на повному підмішуванні теплоносія зі зворотного трубопроводу по перемичці “2” (рис.2).

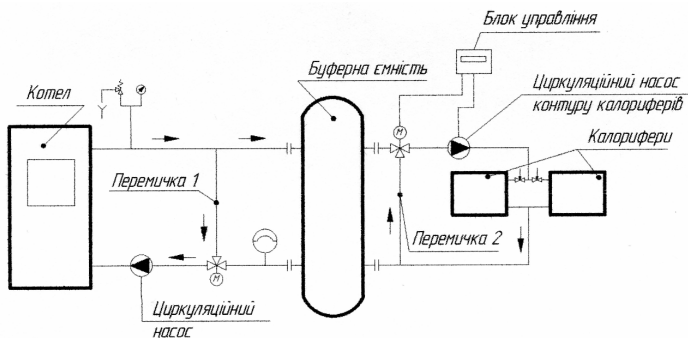


Рис.2 – Теплова схема котельні

В такому випадку для забезпечення безаварійної роботи котла об'єм води  $V_{pu}$  повинен сприйняти теплову енергію, яка виділиться при горінні прошарку палива висотою  $h$  протягом однієї години. Тоді, якщо підставити до рівняння (1) рівняння (2), (4) і з урахуванням рівняння (3), одержимо вираз вигляду:

$$\frac{h \cdot 1,163 \cdot Q_p^H \cdot \eta \cdot \rho_n \cdot a \cdot b}{1000 \cdot \tau} = V_{pu} \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{\rho_{u \max}} - \vartheta_{\rho_{u \min}}). \quad (6)$$

Тоді з формули (6) висота прошарку завантаженого палива при заданому об'ємі буферної ємності дорівнюватиме, м:

$$h = \frac{V_{pu} \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{\rho_{u \max}} - \vartheta_{\rho_{u \min}}) \cdot 1000 \cdot \tau}{1,163 \cdot Q_p^H \cdot \eta \cdot \rho_n \cdot a \cdot b}. \quad (7)$$

Розглянемо приклад розрахунку висоти прошарку палива разового завантаження для твердопаливного котла при зазначених раніше вихідних даних. Площа колосникової решітки  $a \cdot b = 0,85 \cdot 0,85 = 0,73 \text{ м}^2$ , насипна густина вугілля  $1450 \text{ кг/м}^3$ , нижча теплотворна спроможність вугілля  $6000 \text{ Ккал/кг}$ . Якщо підставити зазначені вихідні дані в рівняння (7) одержимо  $h = 3 \text{ мм}$ . В той же час разове завантаження  $18 \text{ кг}$  палива на  $1$  годину на колосникову решітку зазначеної площі забезпечить висоту прошарку палива в  $17 \text{ мм}$ . Це означає, що буферна ємність в  $1,5 \text{ м}^3$  може забезпечити термічний захист котла у випадку, якщо годинна витрата палива протягом години завантажуватиметься рівномірними порціями кожні  $10$  хвилин. Проте значення  $h$ , визначене за формулою (7), потребує порівняння з оптимальним значенням висоти прошарку, одержаним з умов організації якісного процесу горіння. Відповідно до даних, наведених в роботі [7], якісної організації процесу горіння вугілля вдається досягти у випадку, коли проміжок між окремими завантаженнями палива не перевищує  $7 \div 8 \text{ хв}$ . В той же час з рівняння (1) одержимо, що забезпечити термічний захист котла протягом години при разовому завантаженні палива може буферна ємність об'ємом  $8,7 \text{ м}^3$ .

Таким чином, запропонована нами методика розрахунку дозволяє визначити для існуючої котельні з наперед заданим об'ємом буферної ємності висоту завантаженого в топку прошарку твердого палива, а також кількість завантажень протягом однієї години, які забезпечать безаварійну роботу котельного агрегату.

1.Mr. ArvindKumarAsthana. Biomassasfuelinsmallboilers / Mr. Arvind Kumar Asthana – Tokyo.: Asian Productivity Organization, 2009. – 43 p.

2.Buderus Newsletter. Воздух, вода, земля, buderus: спецвыпуск по твердотопливным котлам. – К.: Бударус-Украина, 2009. – № 12. – 8 с.

3.Herz. Herz це також і котли. Опалення з використанням відновлювальних джерел енергії. – К.: ДП Герц Україна, 2009. – 10 с.

4. Котельные установки: СНиП II.35 – 76. – [Действителен с 2006 - 03 - 22]. – К.: Мі-  
нбуд України, 2006. – 44 с.

5. Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше  
0,07 МПа, водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115  
°С. – [Дійсний з 1996 - 11 - 05]. – К.: Комітет по нагляду за охороною праці України, 1996.  
– 51 с.

6. Рекомендації по проектуванню дахових, вбудованих і прибудованих котельних  
установок та установлення побутових теплогенераторів, працюючих на природному газі:  
Посібник до СНиП II - 35 - 76. – [Дійсний з 1998 - 11 - 05]. – К.: УкрНДінжпроект, 1998. –  
34 с.

7. Щеголев М.М. Топливо, топki и котельные установки / М.М. Щеголев. – М.: Гос.  
изд-во лит-ры по строительству и архитектуре, 1953. – 545 с.

*Отримано 03.06.2011*

УДК 697.343

І.Р.ВАЩИШАК

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

## **РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ДВОТРУБНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ З ІМІТАЦІЄЮ ДЕФЕКТІВ**

Розглядаються проблеми, які виникають при контролі технічного стану попередньо  
ізолюваних трубопроводів підземних теплових мереж. Розроблено установку, яка дає  
змогу проводити дослідження підземних трубопроводів на їх зменшених копіях з імітаці-  
єю найбільш поширених дефектів.

Рассматриваются проблемы, которые возникают при контроле технического состоя-  
ния предварительно изолированных трубопроводов подземных тепловых сетей. Разрабо-  
тана установка, которая дает возможность проводить исследование подземных трубопро-  
водов на их уменьшенных копиях с имитацией наиболее распространенных дефектов.

Problems that occur at technical testing of the preliminary coated pipelines of underground  
thermal networks are examined. An installation that enables investigation of underground pipe-  
lines on their diminished copies with the simulation of the most widespread defects is developed.

*Ключові слова:* контроль технічного стану, теплові мережі, трубопроводи, установка.

Останнім часом в Україні здійснюється інтенсивна заміна старих  
тепломереж з мінераловатною ізоляцією новими, більш ефективними.  
Згідно з [1] діючі теплові мережі і ті, що знову вводяться в експлуатацію  
у зоні дії високих ґрунтових вод та періодичного підтоплювання, пови-  
нні бути прокладені у попередньо ізолюваних трубах.

З метою ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів  
та скорочення технологічних втрат теплової енергії, Розпорядженням  
Кабінету Міністрів України від 31 березня 1999 р. №256-р дано вказівку  
міністерствам та іншим органам виконавчої влади забезпечити впрова-  
дження енергозберігаючих технологій з використанням теплоізолюючих  
матеріалів (попередньо ізолюваних труб з поліуретановим покриттям,